

DÉTECTION DE LA RAIE STRATOSPHERIQUE DE L'EAU À 557 GHZ SUR JUPITER AVEC LE TÉLESCOPE SPATIAL ODIN. T. Cavalié¹, E. Lellouch², N. Biver², M. Dobrićević¹, F. Billebaud¹ et A. Lecacheux², ¹L3AB (2 rue de l'Observatoire BP 89 33270 Floirac, cavalié@obs.u-bordeaux1.fr, michel@obs.u-bordeaux1.fr, billebaud@obs.u-bordeaux1.fr), ²LESIA, Observatoire de Paris (5 place Jules Janssen 92195 Meudon Cedex, Emmanuel.Lellouch@obspm.fr, Nicolas.Biver@obspm.fr, Alain.Lecacheux@obspm.fr).

Introduction: Le satellite ISO (Infrared Space Observatory) a détecté la présence de vapeur d'eau dans la stratosphère des planètes géantes et de Titan et du CO₂ sur Jupiter, Saturne et Neptune ([1], [2], [3]). La présence de vapeur d'eau au-dessus de son niveau de condensation (piège froid troposphérique) dans les atmosphères des géantes implique la présence d'une source externe d'oxygène ([4], [5]). Plusieurs scénarios d'apport externe d'oxygène sont possibles : la chute de poussières interplanétaires, un flux provenant des anneaux ou des satellites ou encore la chute de comètes et d'astéroïdes. La densité de colonne d'eau déduite des observations est de $1.5 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ sur Jupiter.

Le satellite SWAS (Submillimeter-Wave Astronomy Satellite) a détecté la transition fondamentale de l'eau à 557 GHz sur Jupiter [6]. Cette observation a permis de contraindre le niveau d'émission de la vapeur d'eau dans la stratosphère de la planète (5 mbar) et de donner une nouvelle valeur de la densité de colonne de vapeur d'eau présente ($2.8 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$). Il existe donc une différence entre les interprétations des données ISO et SWAS en termes de quantité d'eau présente dans la stratosphère de Jupiter [5].

Dans la continuité de cette étude sur Jupiter, le télescope spatial ODIN a été employé pour observer la transition de l'eau à 557 GHz. L'analyse de ces nouvelles données et leur comparaison avec les résultats antérieurs devrait permettre, avec l'appui du modèle photochimique (développé pour Saturne et adapté à Jupiter) dont on dispose [7], de mieux contraindre la distribution verticale de la vapeur d'eau.

Observations: Le télescope spatial ODIN (1.1m de diamètre) a observé la transition fondamentale de l'eau à 557 GHz sur Jupiter (voir figure 1) le 8 novembre 2002 avec le récepteur B2 à 555 GHz. Le spectromètre acousto-optique (AOS) permet de couvrir une bande spectrale de 1 GHz avec une résolution spectrale maximale de 1.0 MHz. Les observations ont été faites en mode position switching. La taille du lobe d'antenne (130" environ à cette fréquence) ne permet pas de résoudre le disque jovien et ainsi d'étudier d'éventuelles variations latitudinales ou longitudinales de l'eau. Aussi, les spectres observés correspondent à des spectres d'émission moyenne de l'ensemble du disque planétaire.

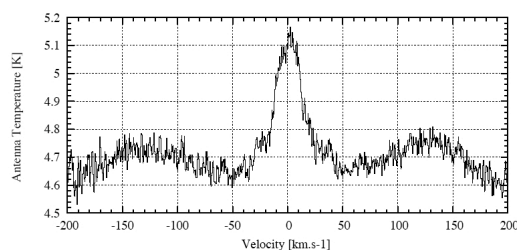


Figure 1 : Transition à 557 GHz de l'eau sur Jupiter vue par ODIN. Le spectre présente de fortes ondulations (ondes stationnaires qui se développent dans l'instrument) caractéristiques d'observations d'objets à fort continuum. Elles sont dues à la technique d'observation employée.

Modélisation: La raie observée est modélisée avec un code de transfert radiatif qui respecte la géométrie sphérique. Les contributions des limbes atmosphériques sont incluses. L'opacité atmosphérique comprend l'émission continue due aux collisions H₂-H₂ [8], H₂-He [9] et H₂-CH₄ [10], l'opacité des transitions de la phosphine et de l'ammoniac et l'opacité de la vapeur d'eau. La largeur de la raie est essentiellement due à la rotation rapide de la planète qui déplace par effet Doppler les contributions émises à l'Est et à l'Ouest. Les profils verticaux utilisés sont du même type que ceux qui sont obtenus par Lellouch et al. (2002) [5] (hypothèse d'un apport d'eau par la comète SL9), noté profil A par la suite, et par Bergin et al. (2000) [6] (hypothèse d'un apport d'eau régulier), noté profil B par la suite (voir figure 2). Ils sont adaptés de manière à reproduire au mieux les observations (application d'un facteur d'échelle). Le niveau de continu des spectres observé ne peut pas être déterminé avec précision car il n'y a pas eu de calibration absolue. Ainsi, l'analyse est faite en termes de rapport contraste de raie sur continu. Les résultats sont présentés sous la forme de spectres moyens de la planète en température de Rayleigh-Jeans.

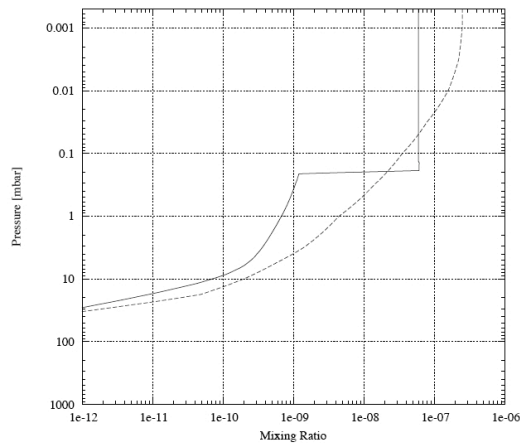


Figure 2 : Profils verticaux d'eau de Lellouch et al. (2002) (profil A, trait plein) et Bergin et al. (2000) (profil B, tirets).

Résultats préliminaires: Les profils verticaux de vapeur d'eau A et B ne permettent pas de modéliser la raie convenablement en l'état. D'après des calculs préliminaires, il faut ajouter 150% d'eau dans le cas du profil A et en enlever 20% dans le cas du profil B, soit respectivement des densités de colonne de $3.8 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ et $2.2 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ (voir figure 3). À ce stade, il serait possible de donner une préférence à l'un des deux modèles en considérant la valeur du contraste de la raie. La densité de colonne nécessaire pour que le profil A modifié donne des simulations satisfaisantes est en dehors des barres d'erreur données par Bergin et al. (2000) [6] et Lellouch et al. (2002) [5]. Les données du satellite ODIN semblent donc confirmer les observations du satellite SWAS. Cependant, la raie étant saturée, une petite erreur lors de la détermination du niveau du continu des spectres observés par ISO, SWAS et ODIN (voir figure 1) induit des variations qui peuvent être importantes

quant aux quantités d'eau mises en jeu. Une différence plus claire pourrait être soulignée en étudiant les ailes de la raie. Le rapport signal sur bruit (≈ 20) est insuffisant pour tenter de discriminer entre les 2 modèles (voir figure 3). En effet, la différence peut être établie au niveau des ailes de la raie avec un rapport signal sur bruit de 100. Ce sera l'un des objectifs de l'observation de Jupiter avec le télescope spatial Herschel, dans le cadre du « Guaranteed Time Key Program: Water in the Solar System ».

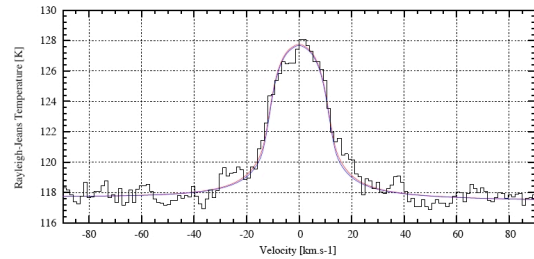


Figure 3 : Spectres de Jupiter observé comparé au meilleurs modèles : profil (A+150%) en bleu et profil (B-20%) en rouge. La résolution spectrale est de 2.4 MHz.

Citations: [1] Feuchtgruber et al. (1997), *Nature*, 389, 159-162. [2] Feuchtgruber et al. (1999), *The Universe as Seen by ISO*. Eds. P. Cox & M. F. Kessler. ESA-SP, 427, 133. [3] Lellouch et al. (1997), *BAAS*, 29, 992. [4] Moses et al. (2000), *Icarus*, 145, 166-202. [5] Lellouch et al. (2002), *Icarus*, 159, 112-131. [6] Bergin et al. (2000), *ApJ*, 539, L147-L150. [7] Ollivier et al. (2000), *Plan. Space Sci.*, 48, 699-716. [8] Borysow et al. (1985), *ApJ*, 296, 644-654. [9] Borysow et al. (1988), *ApJ*, 326, 509-515. [10] Borysow et al. (1986), *ApJ*, 304, 849-865